

竹繊維を用いた断熱材の開発

三國 彰*

Development of Heat Insulating Materials that Used Bamboo Fiber

Akira Mikuni

竹林の多い地域では放置竹林の解消と有効利用のための検討を行っている。山口県においても竹の繁茂対策の一環として、竹材の有効利用に関する市場調査を行い、竹材を粉碎して得られる竹粉碎品を用いて、各種資材への応用を検討している¹⁻²⁾。中でも竹繊維の強靱な性質をいかした建材への応用技術は、建材製造企業等からその開発が期待されている。本研究では竹粉碎により得られた竹繊維を断熱材へ応用することを目的として、成形条件及び物性試験の結果、竹繊維を活用した断熱材の作製が可能となった。

1. 結言

竹繊維の建材への応用としては、竹繊維を補強材として各種建材に混入し、強化する試みが検討されている³⁻⁴⁾。本研究では竹繊維を断熱材への利用技術について検討した。断熱材には繊維状、マット状、ボード状のものがある。それらの中でセルロースファイバー等は繊維状に解繊したものを吹き込み用断熱材として用いているが、長期間使用した場合の形状変化等の問題や施工上の問題が残されている。そこで本研究では、セルロース系断熱材に強度を付与する目的で、粉碎機により作製した竹繊維とセルロースファイバーを混合した後、プレス成形し、断熱材の作製を試みた。配合条件と得られた断熱材の物性の関係把握により、断熱材の作製技術に関する検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

2・1 主原料

2・1・1 竹繊維

竹繊維の作製方法には多くの手法⁵⁾があるが、アルカリ処理等の化学処理等による手法は工程が複雑で、コストのかかる方法が多い。それらの中で粉碎装置を用いた竹繊維作製方法がある。本研究では粉碎と解繊を同時に行える西日本技術開発(株)の粉碎装置(乾式解繊機)を用いて竹繊維(原料；県内産モウソウチク)を作製した。乾式解繊機による竹粉碎品(装置内分級フルイ；10mm)を、熱水処理した後、乾燥(120℃)した。この竹繊維を5mm,0.3mm および0.15mmのフルイで分級した。

2・1・2 セルロースファイバー

日本製紙(株)製セルロースファイバー(5mm)を用いた。

2・2 断熱材の作製

断熱材作製用竹繊維は、成形性や性能を考慮して、フルイを用いて分級した竹繊維を(0.3~5mm)使用した。竹

繊維(配合率；10,30,50,70,80 および90mass%)とセルロースファイバーを所定の割合で配合した後、成形バインダーとして(株)日本製紙ケミカル製 CMC(カルボキシメチルセルロース)SLD-F1を2mass%添加し、プレス成形(10N/cm²)後、105℃で24時間乾燥した。

2・3 断熱材の評価

竹繊維および断熱材の破断面の形状観察を低真空SEM(株)日本電子製JSM-5600LV)を用いて行った。熱伝導率の測定は、迅速熱伝導率計((株)京都電子工業製QTM-500)を用いて測定した。

曲げ強度は試験片を(30×100×20~30)mmの大きさに加工し、オートグラフ(株)島津製作所製AGD-500D)を用いて測定した。

3. 実験結果および考察

3・1 竹粉碎品の形状観察

竹繊維の形状観察を電子顕微鏡観察により行った。各フルイで分級した竹繊維のSEM写真を図1に示す。



(a) (0.3mm~5mm) ; 50倍



(b) (0.3mm以下) ; 50倍



(c) (0.15mm以下) ; 50倍



(d) (0.15mm以下) ; 100倍

図1 竹繊維のSEM写真

* 企業支援部 環境技術グループ

竹粉碎品は 0.3mm~5mm, 0.3mm 以下, 0.15mm 以下の分級品ともに繊維状となっていることがわかる。竹繊維は複数の繊維が重ね合わさった構造となっており、直線状の繊維が多いことがわかる。0.15mm 以下の分級品では直線状の繊維の他にチップ状と微粉の形状も観察された。

3・2 断熱材の物性

3・2・1 竹繊維配合率とかさ密度の関係

竹繊維の配合率と断熱材の密度の関係を図2に示す。竹繊維無添加では断熱材のかさ密度は 0.23g/cm^3 であるが竹繊維配合率の増加に伴い、かさ密度は徐々に低下し、竹繊維配合率 40~80mass%で 0.2g/cm^3 程度の値となった。さらに竹繊維配合率 90mass%では 0.185g/cm^3 と低かさ密度となった。

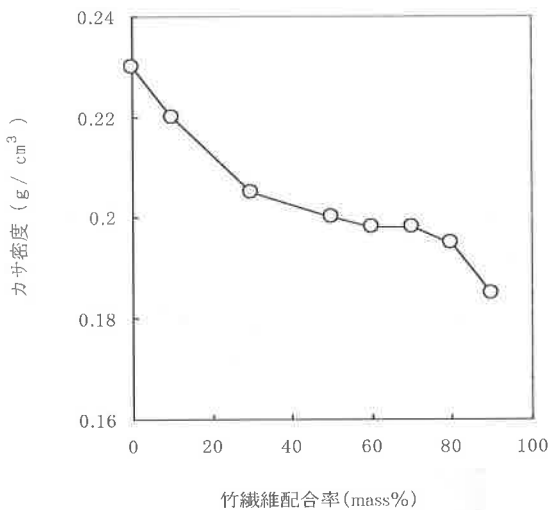


図2 竹繊維配合率と断熱材のかさ密度の関係

3・2・2 竹繊維配合率と熱伝導率の関係

竹繊維の配合率と断熱材の熱伝導率の関係を図3に示す。竹繊維無添加では熱伝導率は $0.115\text{W/m}\cdot\text{K}$ であるが竹繊維を添加することで熱伝導率は急激に低下、竹繊維配合率 30mass%で $0.083\text{W/m}\cdot\text{K}$ となった。竹繊維配合率 30mass%以上では、熱伝導率は徐々に低下し、竹繊維配合率 70~80mass%で $0.08\text{W/m}\cdot\text{K}$ 程度、竹繊維配合率 90mass%では $0.075\text{W/m}\cdot\text{K}$ と最低値を示した。

3・2・3 断熱材のかさ密度と熱伝導率の関係

図4に断熱材のかさ密度と熱伝導率の関係を示す。熱伝導率の値はかさ密度の値と密接な関係にあり、かさ密度の増化に伴い、熱伝導率は増加することがわかった。特に、かさ密度 0.2g/cm^3 以上では熱伝導率は大きく増加した。セルロースファイバーと竹繊維を混合したプレス成形体においてセルロースファイバーが多いと、密度が大きくなり、熱伝導率は高くなり、逆に竹繊維の配合率が高くなるにつれて、かさ密度は小さくなり、熱伝導率は低下することが確認された。

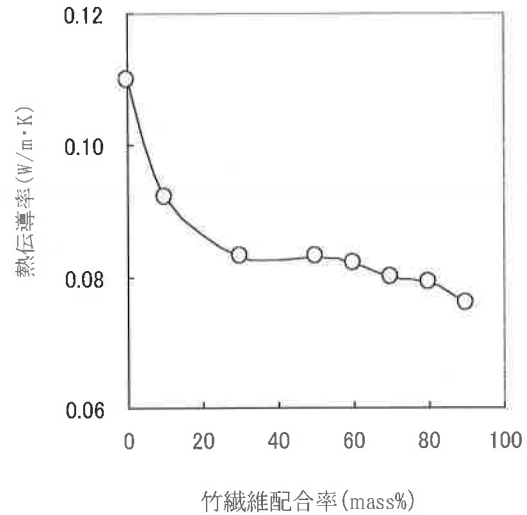


図3 竹繊維配合率と熱伝導率の関係

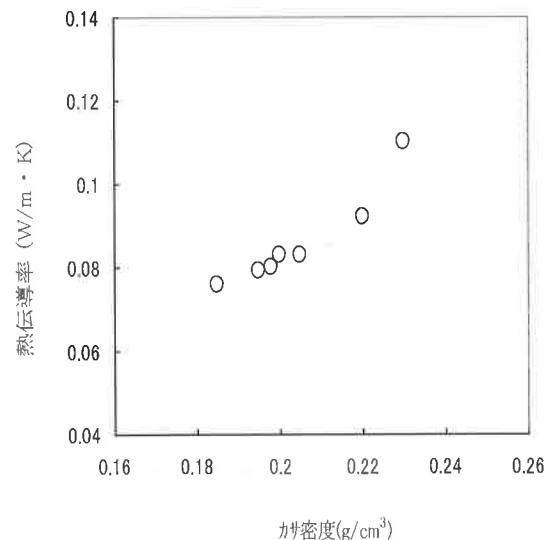


図4 断熱材のかさ密度と熱伝導率の関係

3・2・4 竹繊維配合率と断熱材の曲げ強度の関係

竹繊維配合率と断熱材の曲げ強度の関係を図5に示す。曲げ強度は竹繊維配合率の増大とともに増加し、竹繊維配合率 60~80mass%で 0.8Mpa 以上となり、70mass%で最大の 0.98Mpa となった。

竹繊維がセルロースファイバーに分散し、それぞれの繊維がからみあって強度が増大したものと考えられる。また、竹繊維配合率 90mass%では強度は急激に低下した。この強度の急激な低下はセルロースファイバー量が少なく、断熱材中の空隙が多くなり、密度が低下したものと考えられる。以上のことからセルロースファイバーだけでは密度が高くても十分な強度が得られないが、竹繊維を 50~80mass%添加すると低密度でありながら、強度が増加することが確認された。

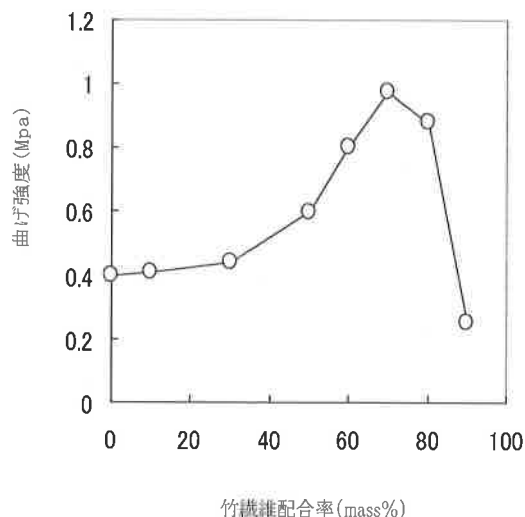
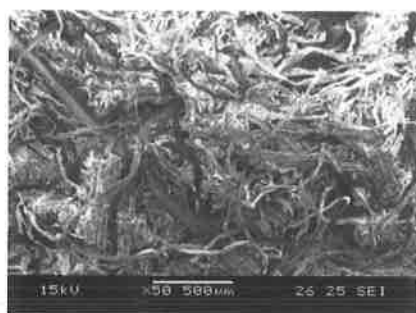


図5 竹繊維配合率と断熱材の曲げ強度の関係

3・2・5 断熱材破断面のSEM観察結果

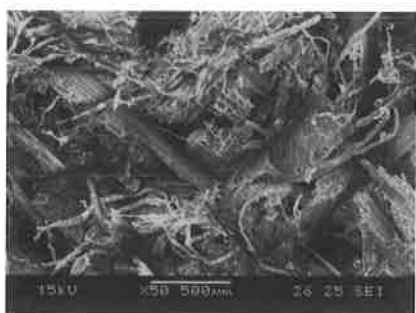
竹試作した断熱材の破断面のSEM写真を図6に示す。竹繊維がセルロースファイバー中に分散し、それぞれの繊維がからみあっている状況が認められる。また、竹繊維配合率が30mass%では破断面組織内に空隙がほとんど見られないが、竹繊維配合率が増加するにつれて竹繊維とセルロースファイバーの間の空隙が増えていることが確認できる。これらの空隙が断熱材のカサ密度や熱伝導率の値に大きく影響しているものと考えられる。



(a) (竹繊維配合率; 30mass%)



(b) (竹繊維配合率; 50mass%)



(c) (竹繊維配合率; 80mass%)



(d) (竹繊維配合率; 90mass%)

図6 断熱材の破断面のSEM写真

4. 結 言

県内産の竹を粉碎装置(小型乾式解繊機)により、粉碎分級して得られた竹繊維(150 μ m~5mm)とセルロースファイバーを用いて断熱材を作製する方法について検討した結果、以下のことが明かとなった。

- (1) 竹繊維配合率の増加に伴い、かさ密度は徐々に低下し、竹繊維配合率40~80mass%で0.20g/cm³となった。さらに竹繊維配合率90mass%では0.18g/cm³と低かさ密度となった。
- (2) 竹繊維を添加することで熱伝導率は急激に低下し、竹繊維配合率30mass%で0.083W/m \cdot Kとなった。竹繊維配合率30mass%以上では、熱伝導率は徐々に低下し、竹繊維配合率90mass%で0.075W/m \cdot Kと最低値を示した。
- (3) 曲げ強度は竹繊維配合率の増大とともに増加し、60~80mass%で0.8Mpa以上となり、70mass%で最大の0.98Mpaとなった。また、竹繊維配合率90mass%では強度は急激に低下した。
- (4) 断熱材の表面観察結果より、竹繊維およびセルロースファイバー、それぞれの繊維がからみあっている状況が確認された。破断面のSEM観察結果より竹繊維配合率の多い試料では、セルロースファイバーと竹繊維の間に空隙が認められた。

参考文献

- 1) 社団法人山口県技術交流協会,平成18年度 産学公連携による竹の製品開発等研究調査業務成果報告書(2007) .
- 2) 社団法人山口県技術交流協会,平成19年度 産学公連携による竹の製品開発等研究調査業務成果報告書(2008).
- 3) 竹野博竜 : 竹繊維セメント板と竹資源総合利用の展開, Bamboo Voice, No. 13, p7-13(2001).
- 4) 大内政司, 二宮信治, 大分県産業技術センター : 平成11年度研究報告書, p147 (1980).
- 5) 内村 悦三他 : 竹の基礎科学と高度利用技術, 藤井 透, シーエムシー出版, p91-98(2008).